

## Especies fitoplanctónicas formadoras de proliferaciones algales nocivas en la boca de la laguna costera de Sontecomapan, Veracruz, México

Rocío Elizabeth Muciño Márquez<sup>1</sup>, María Guadalupe Figueroa Torres<sup>2</sup> e Ismael Gárate Lizárraga<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Laboratorio de Ficológia, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, C.P. 04960, (55) 5483-7000 ext 3153; mucinoelizabeth@gmail.com, figueroa@correo.xoc.uam.mx

<sup>3</sup> Departamento de Plancton y Ecología Marina, CICIMAR-IPN. Apdo. postal 592, C.P. 23000, La Paz Baja California Sur, México; igarateipn@hotmail.com

Recibido 11-VII-2011 Corregido 8-VIII-2011 Aceptado 22-VIII-2011

### ABSTRACT

**Phytoplankton species that originate harmful algal blooms in the mouth of the Sontecomapan coastal lagoon, Veracruz, Mexico.** Fish mortality from algal blooms have been reported from Veracruz since 1792. We investigated the composition and abundance of (HABs) species along a nyctemeral cycle in the mouth of Sontecomapan, a coastal lagoon, during October 27<sup>th</sup> and 28<sup>th</sup>, 1999. Water samples were collected every two hours using a Van Dorn bottle at the surface and the middle-water column, to measure temperature, salinity, pH, dissolved oxygen, distribution and abundance of HAB species, and we reviewed the behavior of flow and ebb of the tide. To understand the relationship between environmental variables and abundance of HAB species, we applied a canonical correspondence analysis (CCA). A total of 27 taxa known to produce bloom were found, three of them toxin-producers; *Bacillaria paxillifer*, *Gyrodinium spirale*, *Prorocentrum gracile* and *Scrippsiella trochoidea* were the most abundant species in surface and mid-bottom. Salinity was the most influential environmental variable on the distribution and abundance of phytoplankton species forming bloom in this area.

### KEY WORDS

Phytoplankton, algal blooms, cycle nyctemeral, coastal lagoon, Sontecomapan, Veracruz.

### RESUMEN

En Veracruz, la mortandad de peces debido a la formación de proliferaciones algales nocivas se conoce históricamente desde 1792. Analizamos la distribución y la abundancia de las especies que forman Proliferaciones Algales Nocivas (FAN) a lo largo de un ciclo nyctemeral, en la boca de la laguna costera de Sontecomapan, Veracruz, el 27 y 28 de octubre de 1999. Se recolectaron muestras de agua cada dos horas con una botella Van Dorn para medir la temperatura, la salinidad, el pH, el oxígeno disuelto, la composición y la abundancia de especies de FAN y se revisó el comportamiento de flujo y reflujos de la marea. Para comprender la relación de la abundancia de las especies de FAN y las variables ambientales se aplicó un análisis de correspondencia canónica (ACC). Los resultados mostraron un total de 27 táxones que han sido reportados como formadores de FAN en otros lugares, de los cuales tres son productores de toxinas. Por otra parte se observó que *Bacillaria paxillifer*, *Gyrodinium spirale*, *Prorocentrum gracile* y *Scrippsiella trochoidea* fueron las especies más abundantes en superficie y medio fondo. La salinidad fue la variable ambiental que más influyó en la distribución y abundancia.

### PALABRAS CLAVE

Fitoplancton, proliferaciones algales, ciclo nyctemeral, laguna costera, Sontecomapan, Veracruz.

En Veracruz, la mortandad de peces debido a la formación de proliferaciones algales nocivas se conoce históricamente desde 1792 (Cortés-Altamirano 2002). Desde entonces, se han reportado más de 50 proliferaciones algales (Campos-Bautista 2009), de las cuales 10 FAN han causado mortandad de peces (Cortés-Altamirano 2002, Barón-Campis et al. 2005, Aké-Castillo et al. 2010). En el caso de la laguna costera Sontecomapan, Veracruz, se han

registrado seis proliferaciones algales producidas por: *Skeletonema* spp., *Cyclotella* spp., *Chaetoceros holsaticus*, *Ceratium furca*, *Peridinium quinquerorne* y *Prorocentrum cordatum* (Guerra-Martínez & Lara-Villa 1995, Aké-Castillo & Vásquez-Hurtado 2008). Sin embargo, en menor abundancia se ha reportado la presencia de especies del fitoplancton que producen toxinas del tipo diarreico (DSP) como *Dinophysis caudata*, *D. rotundata* y *Gonyaulax*

*spinifera* (Weiss-Martínez 2001, Aké-Castillo & Vásquez-Hurtado 2008). Considerando el impacto nocivo de ciertas microalgas y su presencia en aguas de la laguna, no se ha realizado estudios de las especies formadoras de FAN en ciclos nictermales en la laguna, el objetivo de este estudio consistió en determinar la distribución y abundancia de las especies fitoplanctónicas que forman o pueden formar proliferaciones algales nocivas en la boca de la laguna costera Sontecomapan, Veracruz en un ciclo nictermal.

## METODOLOGÍA

La laguna costera de Sontecomapan se localiza dentro de la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, en la región de la cuenca que forman el volcán de San Martín Tuxtla y la Sierra de Santa Martha, en el estado de Veracruz, México. Sus coordenadas 18°30' y 18°34' N y 95°00' y 95°04' W (Contreras 1985).

Se estableció una estación de muestreo en la boca de la laguna de Sontecomapan, Veracruz (Fig. 1). La Boca se encuentra en la porción noroeste, en donde se presenta

un fuerte intercambio de agua marina costera y de agua dulce de origen continental en esta zona se ubica un importante depósito de sedimentos (Contreras 1985). Los días 27 y 28 de octubre de 1999 se recolectaron muestras de fitoplancton y de agua cada dos horas, hasta cubrir un total de 36 horas, en la época de lluvias. Los ciclos nictermales se caracterizan por tener una duración aproximada de 24 horas durante los cuales se alternan el día y la noche (Sournia 1968).

Las muestras de fitoplancton se obtuvieron a nivel de superficie (10cm de profundidad) y de medio fondo (50cm de profundidad), utilizando una botella Van Dorn, dando un total de 36 muestras, las cuales se colocaron en frascos de 250ml y se fijaron con acetato-lugol en una proporción de 100:1 respecto a la muestra. En cuanto a las variables ambientales se registró la temperatura, el pH y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto utilizando un oxímetro Modelo YSI 85 y la salinidad se midió con un refractómetro RF20 ups. Para conocer el flujo y reflujo de la marea, se consultó el programa de predicción de mareas JTIDES Home Page versión 5.2 (<http://www.arachnoid.com/JTides>).

Para la cuantificación de las especies de fitoplancton formador de FAN (en cel L<sup>-1</sup>), las muestras se homogenizaron y se tomaron alícuotas de 2ml, las cuales se depositaron en cámaras de Utermöhl, del mismo volumen, para su revisión en un microscopio invertido Olympus CK40. Para la identificación de los táxones de las especies de FAN se consultaron las obras de Schiller (1933, 1937), Dodge (1982), Lassus (1988), Fukuyo et al. (1990), Licea et al. (1995), Faust et al. (1999) y Gárate-Lizárraga et al. (2009), entre otras.

Las diferencias entre los parámetros ambientales y entre las abundancias de las especies de FAN, en los dos niveles de profundidad en el ciclo nictermal, se definieron mediante un análisis de variación con pruebas no paramétricas de Mann-Whitney, en el programa STATISTICA versión 8.

Para establecer los principales factores ambientales y el patrón de distribución de la comunidad fitoplanctónica en el ciclo nictermal, se realizó un análisis de correspondencia canónica (ACC) utilizando una matriz de factores ambientales y de abundancia de las especies de FAN mediante el programa Past vers. 183. Considerando que los factores ambientales no presentaron una variación significativa ( $p > 0,05$ ), se unieron las matrices de superficie y de medio fondo para obtener el comportamiento total de las especies de FAN en el ciclo nictermal. La matriz general se obtuvo con el sistema para el análisis de comunidades versión 3.0 ANACOM (De La Cruz-Agüero 1994).



FIG. 1. Área de estudio y zona de muestreo (\*)

## RESULTADOS

### VARIABLES AMBIENTALES

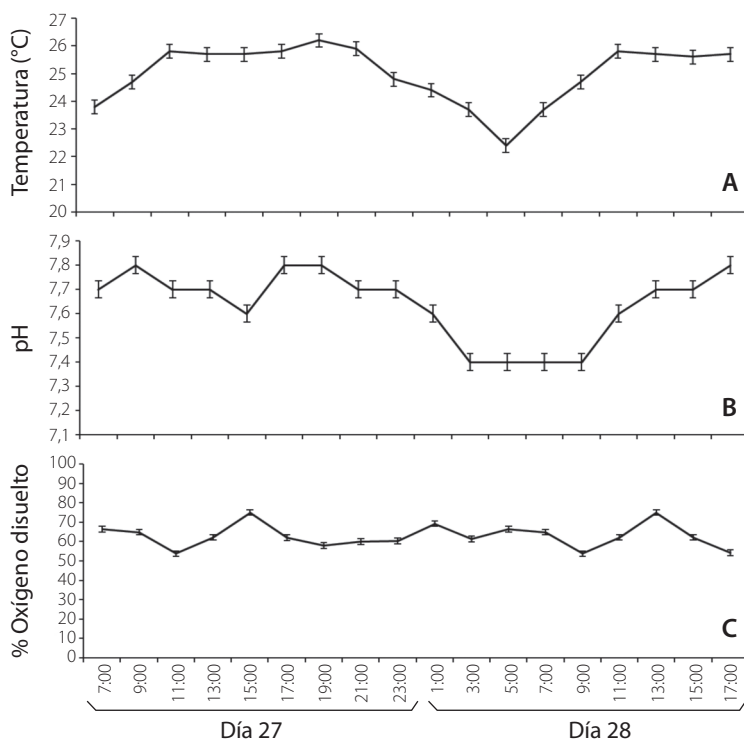
La temperatura, el pH y la concentración de oxígeno no mostraron cambios significativos ( $p > 0,05$ ) a lo largo del ciclo nictemeral; la temperatura presentó oscilaciones entre 22,8°C y 26,2°C (Fig. 2a); el pH estuvo próximo a la neutralidad, variando de 7,28 a 7,86 (Fig. 2b) y la concentración de oxígeno disuelto varió de 53 a 75 % (Fig. 2c). En cambio, la salinidad presentó cambios significativos ( $p < 0,05$ ), con una marcada variación, con valores máximos de 30,5ups entre las 17:00 a las 21:00 horas disminuyendo de las 3 a las 13 horas, con valores de entre 4 y 6ups; este comportamiento se repitió en ambos días (Fig. 3). Al respecto, el flujo de la marea varió de 0,57 a 0,67m a las 17:00 horas del día 27 hasta las 3:00 horas del día siguiente, con un reflujó de -0,01 a 0,46 m de las 7:00 a las 15:00 horas de ambos días (Fig. 3). Al relacionar los cambios de salinidad con el flujo y reflujó de marea, se observó una correlación significativa  $r^2=0,5$  (Fig. 4), en donde la salinidad aumentó debido a la entrada de agua marina y disminuyó con el reflujó por la salida del agua de origen continental.

### Estructura de las especies fitoplanctónicas formadoras de FAN

La abundancia y la presencia de las especies de FAN en este estudio no presentaron una duración constante, ni persistente, fue variando a lo largo de todo el ciclo nictemeral, no reportando diferencias significativas (Mann-Whitney  $p > 0,05$ ) en superficie y fondo. La máxima abundancia fue en superficie a las 13:00 hrs del día 28 con  $41 \times 10^3$  cél  $L^{-1}$ , también se observaron dos picos importantes, el primero en superficie a las 13:00 hrs del día 27 con una abundancia de  $30 \times 10^3$  cél  $L^{-1}$  y el segundo se reportó en medio fondo en el mismo día a las 21:00 hrs con abundancias de  $40 \times 10^3$  cél  $L^{-1}$  (Fig. 5 y 6).

La comunidad de especies de FAN estuvo constituida por 27 táxones (Cuadro 1). Los dinoflagelados representaron el 44% con 12 táxones, las diatomeas el 41% con 11 táxones y el 15% restante estuvo formado por dos especies de euglenas, un silicoflagelado y una rafdoficea.

En el Cuadro 1 se presenta el listado de las especies formadoras de FAN de la laguna costera Sontecomapan, Veracruz, indicando el tipo de toxina, la tonalidad del



**FIG. 2.** Variables ambientales registradas en la boca de la Laguna de Sontecomapan, Veracruz durante el ciclo nictemeral del 27 y 28 de octubre de 1999. (A) Temperatura, (B) pH y (C) porcentaje de oxígeno disuelto

**CUADRO 1**

Especies fitoplanctónicas formadoras de FAN, de la boca de la laguna costera Sontecomapan, Veracruz, México

Especies	Color*	Toxicidad	10 <sup>3</sup> cél L <sup>-1</sup>		Referencias
			Superficie	Medio fondo	
<b>DIATOMEAS</b>					
<i>Bacillaria paxillifer</i>	—	—	39,5	26,5	(4), (5)
<i>Chaetoceros cf atlanticum</i>	—	—	1,5	2,5	(1), (5)
<i>Chaetoceros cf debilis</i>	—	Anoxia	1	—	(3), (5)
<i>Coscinodiscus centralis</i>	—	—	17	1	(5)
<i>Coscinodiscus concinnus</i>	—	—	4,5	1	(3), (5)
<i>Coscinodiscus granii</i>	Verdoso marrón	—	14	10	(3), (5)
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	—	—	32	15	(3), (5)
<i>Nitzschia longissima</i>	—	—	22	3	(3), (5)
<i>Proboscia alata</i>	—	—	1,5	1,5	(3), (5)
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	Verde pálido	Ácido domóico	3,5	1	(1), (5)
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	—	Ácido domóico	2,5	3	(1), (5)
<b>DINOFLAGELADOS</b>					
<i>Akashiwo sanguinea</i>	Café amarillo	Anoxia	—	0,5	(5)
<i>Ceratium furca</i>	Anaranjado	Hiperoxia y Anoxia	0,5	2	(1), (2), (3), (5)
<i>Ceratium fusus</i>	—	Anoxia	—	0,5	(1), (3), (5)
<i>Dinophysis caudata</i>	Anaranjado	DSP	0,5	0,5	(1), (3), (4), (5)
<i>Gonyaulax turbynei</i>	—	—	0,5	—	(5)
<i>Gyrodinium spirale</i>	Anaranjado	—	13,5	16,	(5)
<i>Noctiluca scintillans</i>	Rosa-Naranja	Amonio	—	500	(4), (5)
<i>Prorocentrum compressum</i>	Café amarillo	—	1,5	2	(3), (5)
<i>Prorocentrum gracile</i>	—	—	53	81,5	(3), (4), (5)
<i>Prorocentrum micans</i>	Marrón pálido	Hiperoxia y Anoxia	8,5	11	(3), (4), (5)
<i>Protoperdinium depressum</i>	—	—	25	5	(3), (5)
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	Café	Anoxia	64	51	(5)
<b>EUGLENOFITAS</b>					
<i>Euglena cf stellata</i>	—	—	2	2,5	(5)
<i>Euglena cf viridis</i>	—	—	1	5,5	(5)
<b>SILICOFLAGELADO</b>					
<i>Dictyocha fibula</i>	—	—	0,5	0,5	(5)
<b>RAFIDOFICEAS</b>					
<i>Olisthodiscus luteus</i>	—	Hemolítica	4,5	13,5	(5)

EPM (Envenenamiento Paralizante por Consumo de Moluscos)

EDM (Envenenamiento Diarreico por Consumo de Moluscos)

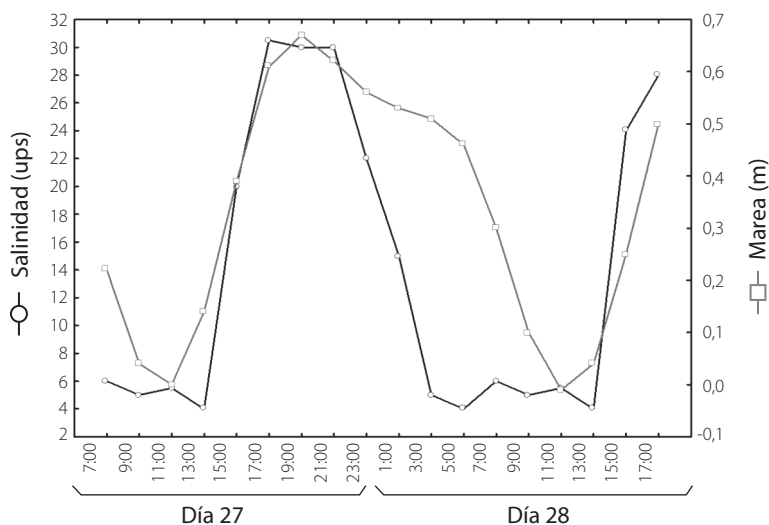
\*www.HARMFUL MARINE MICROALGAE.

(1) Guerra-Martínez (1996), (2) Guerra-Martínez y Lara-Villa (1995), (3) Weiss-Martínez (2001), (4) Aké-Castillo y Vásquez-Hurtado (2008),

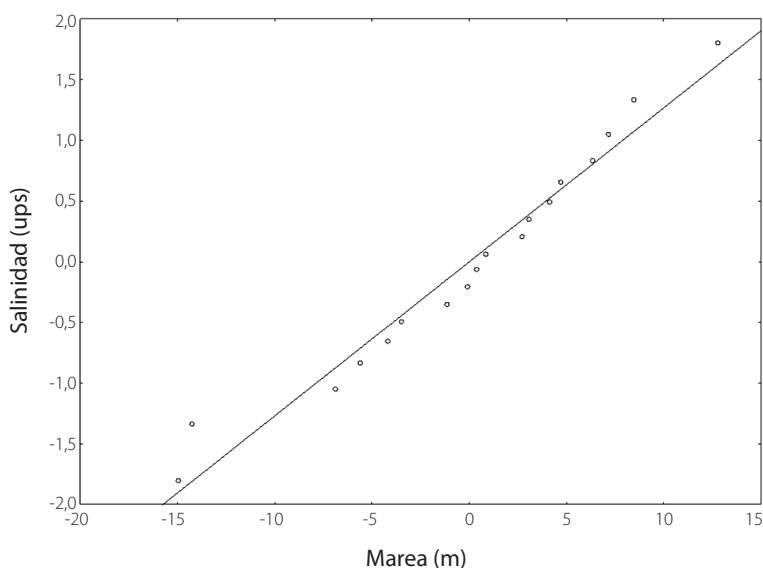
(5) En este estudio.

agua y las abundancias de las especies, cabe señalar que algunas especies se reportaron por primera vez en este ecosistema. Si bien, *Bacillaria paxillifer*, *Gyrodinium spirale*, *Prorocentrum gracile* y *Scrippsiella trochoidea* (Fig. 6, Fig. 7) fueron especies abundantes en el ciclo nictemeral, tanto en superficie y medio fondo, se observaron tres picos importantes de abundancia, el primero en superficie a las 21:00hrs del día 27 por *Prorocentrum gracile* ( $24,5 \times 10^3$  cél  $L^{-1}$ ), el segundo y el tercero por *Scrippsiella trochoidea* ( $25,5$  a  $15 \times 10^3$  cél  $L^{-1}$ ) en superficie y en medio fondo a las 13:00 hrs del día 28 (Fig. 6).

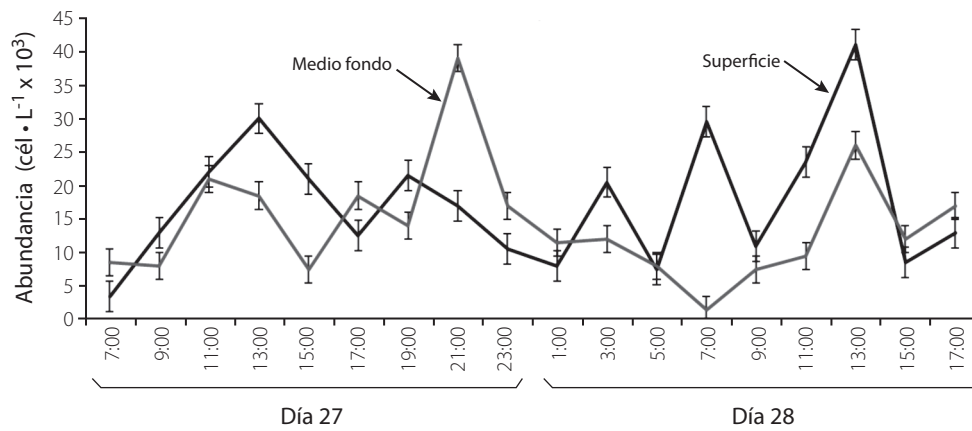
El análisis de correspondencia canónica mostró, que la salinidad fue la variable ambiental que presentó una correlación significativa de  $r=0,88$  para el primer eje (Fig. 8), por lo cual se considera que fue el factor más importante que influyó en la abundancia de las especies que forman FAN. En el lado derecho se observa que de las 15:00 a las 23:00 horas del día 27 hubo una influencia marina, permitiendo que algunas de estas especies marinas incrementaran su abundancia, como *Prorocentrum gracile*, en superficie a las 21:00 hrs del día 27 que mostró su máxima abundancia  $24,5 \times 10^3$  cél  $L^{-1}$  cuando las salinidad estaba a 30ups, en cambio cuando la salinidad bajó a 20ups, disminuyó su abundancia a  $0,7$  cél  $L^{-1}$ .



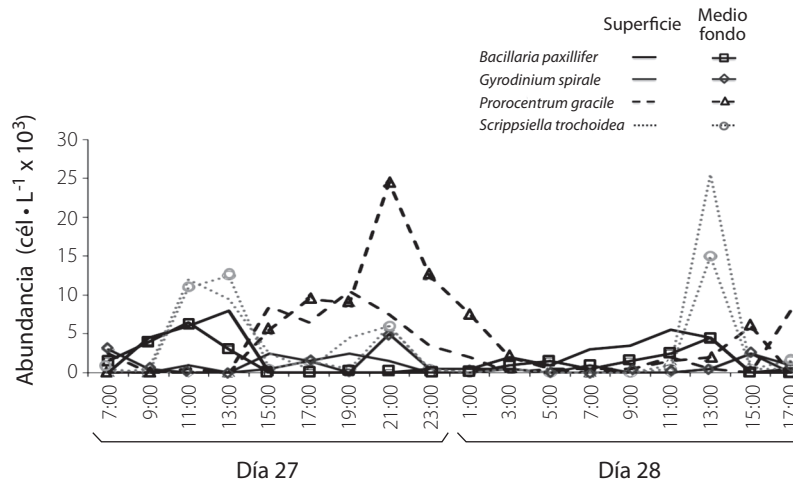
**FIG. 3.** Variaciones en la salinidad (ups) y el nivel de marea (m) en la boca de la Laguna de Sontecomapan, Veracruz en el ciclo nictemeral del 27 y 28 de octubre de 1999.



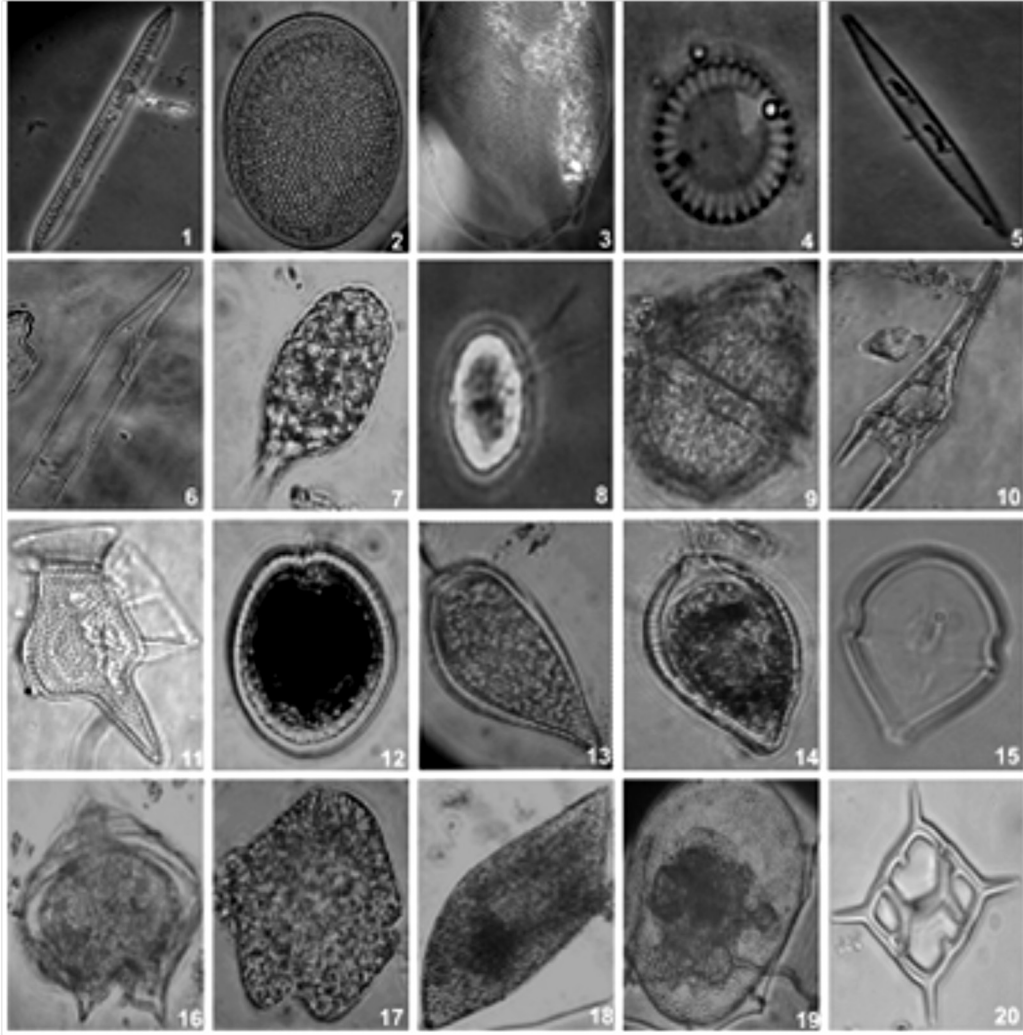
**FIG. 4.** Correlación de la marea (m) con la salinidad (ups), en la boca de la Laguna de Sontecomapan, Veracruz en el ciclo nictemeral del 27 y 28 de octubre de 1999.



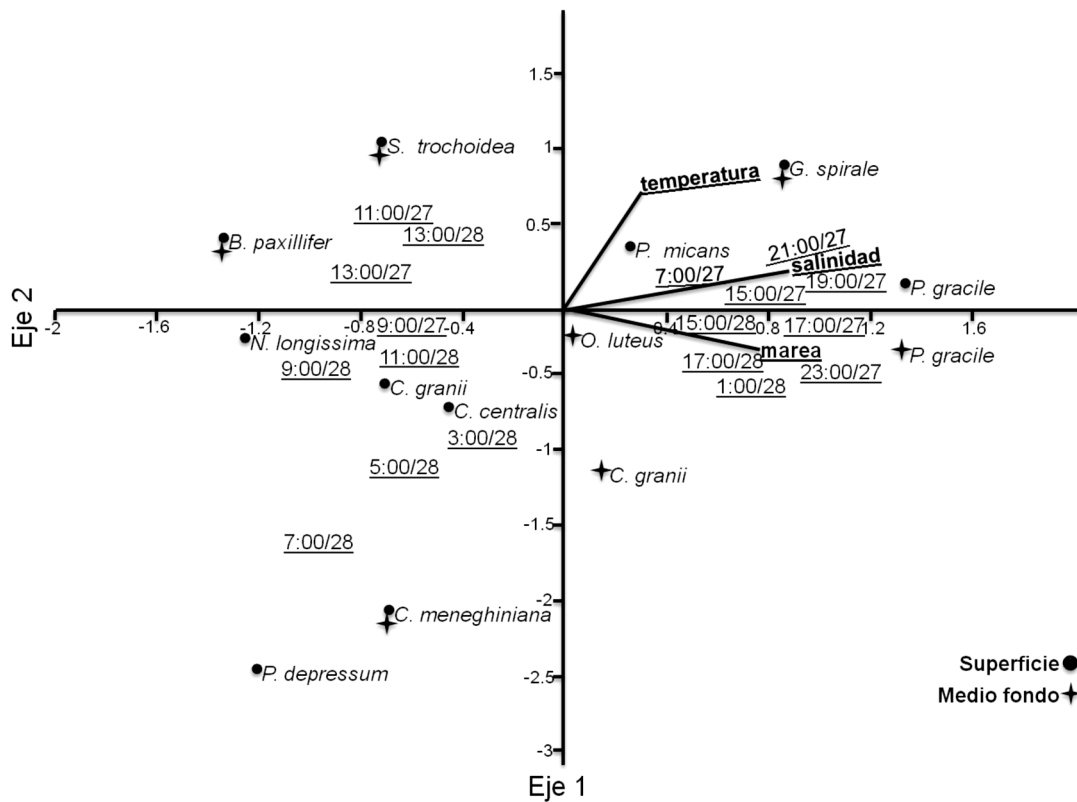
**FIG. 5.** Variación de la abundancia de las especies formadoras de proliferaciones algales, en la boca de la Laguna de Sontecomapan, Veracruz en el ciclo nictermeral del 27 y 28 de octubre de 1999.



**FIG. 6.** Variación de las especies dominantes de proliferaciones algales, en la boca de la Laguna de Sontecomapan, Veracruz en el ciclo nictermeral del 27 y 28 de octubre de 1999.



**FIG. 7.** (1) *Bacillaria paxillifer*, (2) *Coscinodiscus centralis*, (3) *Coscinodiscus granii*, (4) *Cyclotella meneghiniana*, (5) *Pseudo-nitzschia seriata*, (6) *Proboscia alata*, (7) *Euglena viridis*, (8) *Olisthodiscus luteus*, (9) *Gonyaulax turbynei*, (10) *Ceratium furca*, (11) *Dinophysis caudata*, (12) *Prorocentrum compressum*, (13) *Prorocentrum gracile*, (14) *Prorocentrum micans*, (15) *Scrippsiella trochoidea*, (16) *Protoperidinium depressum*, (17) *Akashiwo sanguinea*, (18) *Gyrodinium spirale*, (19) *Noctiluca scintillans*, (20) *Dictyocha fibula*.



**FIG. 8.** Análisis de correspondencia canónica de las especies de FAN y factores ambientales, correspondiente al ciclo nocturno del 27 y 28 de octubre de 1999.

## DISCUSIÓN

Durante este estudio no se reportó ninguna proliferación algal en el ciclo nocturno. Sin embargo, se registraron 27 especies que forman FAN, las cuales pueden llegar a ser peligrosas en la zona de estudio, ya que los constantes cambios en el ambiente tanto de origen natural como antrópico, como los propiciados por los ciclos nocturnos, pueden condicionar ambientes que favorezcan su desarrollo para formar FAN, por lo que podrían afectar al ecosistema causando mortalidad de peces y de otros organismos que los consumen. En este estudio *Bacillaria paxillifer*, *Gyrodinium spirale*, *Prorocentrum gracile* y *Scrippsiella trochoidea* fueron dominantes cuando la salinidad fue alta y disminuyó su abundancia cuando se presentó una disminución de ésta, por lo que estas especies son evidentemente sensibles a los cambios bruscos en la concentración de la salinidad, siendo resistentes a choques osmóticos en las células (Madigan et al. 2004). Los

registros en los cambios de salinidad en este estudio coinciden con lo reportado para este cuerpo de agua, para la época de lluvias, en otros años, por Guerra-Martínez & Lara-Villa (1995) y para otros cuerpos de agua similares, por Lacerda et al. (2004), y Noriega et al. (2009). Ferreira et al. (2005), mencionan que en las lagunas costeras una disminución en el suministro del agua continental ocasiona un aumento en la salinidad, lo que modifica la estructura y composición de la comunidad fitoplanctónica, lo que podría propiciar que especies marinas oportunistas produjeran proliferaciones. Se ha reportado mortalidad de peces relacionados con una proliferación de *Prorocentrum gracile* en Tabasco (en el embarcadero Cutter) (LESP 2005). En este trabajo *P. gracile* no llegó a rebasar  $1 \times 10^9$  cel  $L^{-1}$ .

Gárate-Lizárraga et al. (2007), reportaron en un ciclo diurno una proliferación de *Prorocentrum micans* en Bahía Magdalena, durante el flujo de la marea, sugiriendo que las proliferaciones de las especies del género *Prorocentrum* ocurren principalmente en estaciones someras



(profundidad aproximada de 5-10m) y con un intervalo de temperatura estrecho. En este estudio la temperatura se mantuvo constante durante el ciclo nictemeral, razón por la cual, probablemente las especies de *Prorocentrum* no formaron proliferaciones. Sin embargo, se tendrían que evaluar otros factores como la concentración de nutrientes para explicar con más información su comportamiento.

En la laguna costera Sontecomapan, Veracruz, se han registrado proliferaciones algales de varias especies: Guerra-Martínez & Lara-Villa (1995), reportaron en abril del 1992 un proliferación de *Ceratium furca*, sin embargo, en este estudio no fue abundante reportándose de  $0.5$  a  $2 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup> (Cuadro 1). También, se han reportado proliferaciones de *Peridinium quinquecorne* asociada con *Ceratium furca* var. *hircus* y *Prorocentrum cordatum* (Aké-Castillo & Vásquez-Hurtado 2008). En otros ecosistemas costeros los FANs de estas especies, han ocasionado mortandad de peces como ocurrió en Puerto Escondido, Baja California en 2002 en donde se presentó un proliferación de *C. furca* provocando la mortandad de atún en cautiverio con más de 500 toneladas en menos de 48 horas, causando pérdidas promedio de 13 millones de pesos (Orellana-Cepeda et al. 2002). *Ceratium furca* produce anoxia en el medio lo que ocasiona la mortandad de especies acuáticas por asfixia, este proceso ocasiona la descomposición del exceso de materia orgánica, con el consiguiente consumo de oxígeno afectando el ciclo biogeoquímico del sulfato con la producción de sulfuro (Okaichi-Tomotoshi 2004). Esta especie es muy común en aguas del Golfo de México y en el Pacífico Mexicano (Okolodkov 2010).

En este estudio se destaca la presencia de especies nocivas, como fueron las nueve especies que se reportaron nuevo registró para la zona e estudio, tenemos a *Akashiwo sanguinea*, *Gonyaulax turbynei*, *Gyrodinium spirale*, *Scrippsiella trochoidea*, *Dictyocha fibula* y *Olisthodiscus luteus* en otros cuerpos de agua han causado mortandad de peces por anoxia (Fukuyo et al. 1990, Gárate-Lizárraga et al. 2001, Streftaris et al. 2005, Gárate-Lizárraga & Muñetón-Gómez 2006) y especies potencialmente productoras de toxinas como *Dinophysis caudata* que causan envenenamiento diarreico en humanos, por consumo de moluscos contaminados y *Pseudo-nitzschia seriata* y *Pseudo-nitzschia pungens* productoras de ácido domoico, causantes del envenenamiento amnésico, que también ocurre por el consumo de moluscos contaminados (Fukuyo et al. 1990, Hernández-Orozco & Gárate-Lizárraga 2006, Sar et al. 2010).

Por lo anterior, es importante conocer el comportamiento de las especies de fitoplancton formador de proliferaciones algales nocivas ó tóxicos en los ciclos nictemerales, ya que se puede ver cuáles son las horas de más afectación y poder realizar los monitoreos y el control en

éstas. En la zona de estudio existen especies nocivas y tóxicas en bajas abundancias entre los  $0,5$  a  $64 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>, no causando ningún daño a los organismos acuáticos, la densidad poblacional no rebaso el  $1 \times 10^9$  cél L<sup>-1</sup>, dadas las características de los fuertes cambios hidrodinámicos en el sistema y la pronta respuesta de las especies a estos cambios y debido que presentan ciclos de vida cortos, es posible que se puedan dar las condiciones necesarias para que estas especies puedan formar proliferaciones algales nocivas, sobre todo por el incremento notable en los procesos de eutrofización de los ecosistemas costeros en los últimos años, lo que repercutiría en la salud y en la economía de la población local.

Concluimos que la boca de la laguna costera en el ciclo nictemeral en la época de lluvias, presenta una interacción de agua marina y continental que hace que sea un sistema muy dinámico; no permitiendo se dé una dominancia de las especies de proliferaciones algales continua en el ciclo; es decir, a lo largo del ciclo nictemeral cambiaron las abundancias de estas especies fitoplanctónicas, no formando un FAN.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue apoyado por la Universidad Autónoma Metropolitana. Ismael Gárate-Lizárraga es becario COFAA y EDI.

## REFERENCIAS

- Aké-Castillo, J.A., Y.B. Okolodkov, K.A. Steidinger, J.A.G. González-González & H. Pérez-España. 2010. *Karenia* sp. "Mexican hat" first bloom in Mexico. Harmful Algae News 41: 16-17.
- Aké-Castillo, J.A. & G. Vásquez-Hurtado. 2008. Phytoplankton variation and its relation to nutrients and allochthonous organic matter in a coastal lagoon on the Gulf of Mexico. Estuarine Coastal and Shelf Science 78: 705-714.
- Barón-Campis, S.A., D.U. Hernández-Becerril, N.O. Juárez-Ruiz & C. Ramírez-Camarena. 2005. Red tide produced by the dinoflagellate *Peridinium quinquecorne* in Veracruz, Mexico (Oct-Nov. 2002): morphology of the causative agent. Hidrobiológica 15: 73-78.
- Campos-Bautista, G., Y. Okolodkov, J.A. Aké-Castillo & N. Moya-Lara 2009. Monitoreo de proliferaciones algales tóxicos y no tóxicos en el parque nacional sistema arrecifal veracruzano de 2005 a 2009. III Taller sobre Proliferaciones Algales Nocivas, Acapulco, Guerrero 2009. 9-10 de noviembre, Guerrero, México.
- Contreras, F. 1985. Lagunas costeras mexicanas. Centro de Desarrollo. Secretaría de Pesca, México D. F., México.
- Cortés-Altamirano, R. 2002. Contaminación de recursos pesqueros por microalgas nocivas. En La pesca en Veracruz

- y sus perspectivas de desarrollo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de la Pesca y Universidad Veracruzana. Veracruz, México.
- De La Cruz-Agüero, G. 1994. Sistema de Análisis de Comunidades. Versión 3.0. Departamento de Pesquerías y Biología Marina. CICIMAR-IPN, México D.F., México.
- Dodge, J.D. 1982. Marine Dinoflagellates of the British Isles. HMSO London, Inglaterra.
- Faust, M.A., J. Larsen & O. Moestrup. 1999. ICES Identification Leaflets for Plankton. Potentially Toxic Phytoplankton 3: Genus *Prorocentrum*, Dinophyceae. J.A. Lindsley, International Council for the Exploration of the Sea. Copenhagen, Dinamarca.
- Ferreira, J.G., W.J. Wolff, T.C. Simas & S.B. Bricker. 2005. Does biodiversity of estuarine phytoplankton depend on hydrology? *Economic Models* 187: 513-523.
- Fukuyo, Y., H. Takano & M. Chihara. 1990. Red Tide Organisms in Japan. Uchida Rokakuho, Tokyo, Japón.
- Gárate-Lizárraga, I. & M.S. Muñetón-Gómez. 2006. Florecimiento del dinoflagelado *Gonyaulax polygramma* frente a la Isla Espíritu Santo, Golfo de California México. *Revista de Biología Tropical* 27: 31-39.
- Gárate-Lizárraga, I., C.J. Band-Schmidt, G. Verdugo-Díaz, M.S. Muñetón-Gómez y E.F. Félix-Pico. 2007. Dinoflagelados (Dinophyceae) del sistema lagunar Magdalena-Almejas, p. 141-170, In R. Funes-Rodríguez, J. Gómez-Gutiérrez & J.R. Palomares-García (eds.). *Estudios Ecológicos en Bahía Magdalena*. CICIMAR-IPN, La Paz, Baja California Sur, México.
- Gárate-Lizárraga, I., C.J. Band-Schmidt, F. Aguirre-Bahena y T. Grayeb-Del Alamo. 2009. A multi-species microalgae bloom in Bahía de La Paz, Gulf of California, Mexico (June 2008). *CICIMAR Oceanides* 24: 15-29.
- Guerra-Martínez, S. L. 1996. Variaciones en la biomasa nano y microplanctónica en la boca de la laguna de Sontecomapan, Ver. (1992-1993). Tesis de servicio social. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, México D. F., México.
- Guerra-Martínez, S.L. & M.A. Lara-Villa. 1995. "Proliferación" de *Ceratium furca* (Peridinales: Ceratiaceae) en un ambiente salobre: Laguna de Sontecomapan, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 44: 23-30.
- Hernández-Orozco, M.L. & I. Gárate-Lizárraga. 2006. Síndrome de envenenamiento paralizante por consumo de moluscos. *Revista Biomédica* 17: 45-60.
- Predicción de mareas JTIDES Home Page versión 5.2 (<http://www.arachnoid.com/JTides>; consultado el 20 de febrero, 2010).
- Lassus, P. 1988. Plancton toxique et plancton d' eaux rouges sur les côtes Européennes. IFREMER. Paris, Francia.
- Lacerda, S.R., M.L. Koenig, S. Neumann-Leitão & M.J. Flores-Montes. 2004. Phytoplankton nyctemeral variation at a tropical river estuary (Itamaracá - Pernambuco - Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 64: 1-16.
- LESP, 2005. Instrucción de trabajo para el muestreo de fitoplancton y detección de biotoxinas marinas. En Secretaría de Salud Tabasco 2007-212. Comportamiento de la marea roja en el estado de Tabasco. Tabasco, México.
- Licea, S., J.L. Moreno, H. Santoyo & G. Figueroa. 1995. Dinoflageladas del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur, SEP-FOMES, PROMARCO, México, D.F., México.
- Madigan, M.T., J.M. Martinko & J. Parker. 2004. Brock: Biología de los Microorganismos. Prentice Hall. Madrid, España.
- Noriega, C.E., K. Muniz, M.J. Flores-Montes, S.J. Macêdo, M. Araujo, F.A. Feitosa & S.R. Lacerda. 2009. Series temporales de variables hidrobiológicas en un estuario tropical (Brasil). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 44: 93-108.
- Okaichi-Tomotoshi. 2004. Red Tides. Terra Scientific Publishing Company Kluwer Academic Publishers. Tokyo London. Tokyo, Japón.
- Okolodkov, Y.B. 2010. *Ceratium* Schrank (Dinophyceae) of the national park sistema arrecifal Veracruzano, Gulf of Mexico, with a key for identification. *Acta Botánica Mexicana* 93: 41-101.
- Orellana-Cepeda, E., C. Granados-Machuca & J. Serrano-Esquer. 2002. *Ceratium furca*: One possible cause of mass mortality of cultured blue fin tuna at Baja California, Mexico. Proceedings of the X<sup>th</sup> International Conference on Harmful Algae, 21-25 October, St. Petesburg Beach, Florida, EEUU.
- Sar, E.A., I. Sunesen, A.S. Lavigne & A.B. Goya. 2010. *Dinophysis* spp. asociadas a detección de toxinas diarreicas (DSTs) en moluscos y a intoxicación diarreica en humanos (Provincia de Buenos Aires, Argentina). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 45: 451-460.
- Schiller, J. 1933. Dinoflagellatae (Peridineae) in monographischer Behandlung, p. 1-617, In L. Rabenhorst (eds). *Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*, Akademische, Leipzig, Alemania.
- Schiller, J. 1937. Dinoflagellatae (Peridineae) in monographischer Behandlung, p 1-589, In L. Rabenhorst (eds). *Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*, Akademische, Leipzig, Alemania.
- Sournia, M.A. 1968. Variations saisonnières et nyctémérales du phytoplancton marin et de la production primaire dans une Baie Tropical, a Nosy-Bé (Madagascar). *International Review of Hydrobiology* 53: 1-76.
- Streftaris, N., A. Zenetos, E. Papanthassiou. 2005. Globalisation in marine ecosystems: the story of non-indigenous marine species across European seas. *Oceanografía y Biología Marina: Revisión Anual* 43: 419-453.
- Weiss-Martínez, R. I. 2001. Composición taxonómica, distribución y abundancia de los dinoflagelados tecaos de la Laguna de Sontecomapan, Ver. México. Servicio Social, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, México D.F., México.